

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Patent Application of:

Toru KATAGIRI et al.

Application No.:

Group Art Unit:

Filed:

Examiner:

For: WAVELENGTH DISPERSION COMPENSATION SYSTEM

**SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF PRIOR FOREIGN
APPLICATION IN ACCORDANCE
WITH THE REQUIREMENTS OF 37 C.F.R. § 1.55**

Commissioner for Patents
PO Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

In accordance with the provisions of 37 C.F.R. § 1.55, the applicant(s) submit(s) herewith a certified copy of the following foreign application:

Japanese Patent Application No(s). 2003-65604

Filed: March 11, 2003

It is respectfully requested that the applicant(s) be given the benefit of the foreign filing date(s) as evidenced by the certified papers attached hereto, in accordance with the requirements of 35 U.S.C. § 119.

Respectfully submitted,

STAAS & HALSEY LLP

Date: 2/13/04

By: Richard A. Gollhofer
Richard A. Gollhofer
Registration No. 31,106

1201 New York Ave, N.W., Suite 700
Washington, D.C. 20005
Telephone: (202) 434-1500
Facsimile: (202) 434-1501

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2003年 3月11日
Date of Application:

出願番号 特願2003-065604
Application Number:

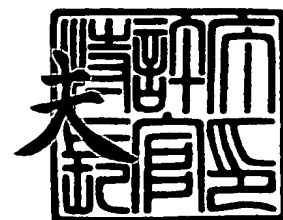
[ST. 10/C]: [JP 2003-065604]

出願人 富士通株式会社
Applicant(s):

2003年12月 9日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井 康



出証番号 出証特2003-3101643

【書類名】 特許願

【整理番号】 0253597

【提出日】 平成15年 3月11日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H04B 10/18

【発明の名称】 波長分散補償システム

【請求項の数】 5

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号 富士通株式会社内

【氏名】 片桐 徹

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号 富士通株式会社内

【氏名】 鳥居 健一

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号 富士通株式会社内

【氏名】 田中 俊毅

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号 富士通株式会社内

【氏名】 内藤 崇男

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号 富士通株式会社内

【氏名】 雨宮 宏一郎

【特許出願人】

【識別番号】 000005223

【氏名又は名称】 富士通株式会社

【代理人】

【識別番号】 100074099

【住所又は居所】 東京都千代田区二番町 8 番地 2 0 二番町ビル 3 F

【弁理士】

【氏名又は名称】 大菅 義之

【電話番号】 03-3238-0031

【選任した代理人】

【識別番号】 100067987

【住所又は居所】 神奈川県横浜市鶴見区北寺尾 7 - 2 5 - 2 8 - 5 0 3

【弁理士】

【氏名又は名称】 久木元 彰

【電話番号】 045-573-3683

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 012542

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9705047

【プルーフの要否】 要



【書類名】 明細書

【発明の名称】 波長分散補償システム

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光信号を波長多重して伝送路に出力する光送信端局と、
該伝送路中に配置された複数の第 1 光中継ノードと、
該伝送路中に配置された該複数の第 1 の中継ノード間に配置された少なくとも
1 つの第 2 の光中継ノードと、

該第 1 光中継ノードは該光送信端局または隣接する該第 1 光中継ノードまたは
隣接する該第 2 光中継ノードとの間で発生する分散の値よりも大きな分散補償を
行い、

該第 2 光中継ノードは該光送信端局から該第 2 光中継ノードとの間または前段
の該第 2 光中継ノードとの間で発生する伝送路の分散の値から該光送信端局から
該第 2 光中継ノードとの間または前段の該第 2 光中継ノードとの間の該第 1 中継
器で補償した分散値を引いた値に対して、残留分散が発生するように分散補償を
行うことを特徴とする波長分散補償システム。

【請求項 2】 前記第 2 中継ノードは、光信号の分岐・挿入を行うノードであ
ることを特徴とする請求項 1 に記載の波長分散補償システム。

【請求項 3】 前記第 2 中継ノードは、波長分割多重光信号がシステムを伝搬
するに従い累積する利得偏差や波長分散スロープの補償誤差を補償する補償ノード
であることを特徴とする請求項 1 に記載の波長分散補償システム。

【請求項 4】 前記第 2 中継ノードは、任意は長毎に光信号の方路を切り替え
るノードであることを特徴とする請求項 1 に記載の波長分散補償システム。

【請求項 5】 光信号を波長多重して伝送路に出力する光送信端局と、
該伝送路中に配置された複数の第 1 光中継ノードと、
該伝送路中に配置された該複数の第 1 の中継ノード間に配置された少なくとも
1 つの第 2 の光中継ノードとを備え、

該第 1 光中継ノードは該光送信端局または隣接する該第 1 光中継ノードまたは
隣接する該第 2 光中継ノードとの間で発生する分散の値よりも大きな分散補償を
行うステップと、

該第2光中継ノードは該光送信端局から該第2光中継ノードとの間または前段の該第2光中継ノードとの間で発生する伝送路の分散の値から該光送信端局から該第2光中継ノードとの間または前段の該第2光中継ノードとの間の該第1中継器で補償した分散値を引いた値に対して、残留分散が発生するように分散補償を行うステップと、
からなることを特徴とする波長分散補償方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、波長分割多重伝送システムにおける波長分散補償に関する。

【0002】

【従来の技術】

I Pトラフィックを代表するデータトラフィックの急激な増大により、大容量かつ柔軟なネットワークを低コストで構築する伝送システムに対する要求がある。このような要求に対して、光分岐挿入機能を有する光波長分割多重（WDM：Wavelength Division Multiplexing）伝送システムの長距離化及び大容量化は一つの答えとなる。特に、現在では、既に実用化されている、1波長当たり10 GbpsのWDMシステムに加え、1波長当たり40 GbpsのWDMシステムを導入する動きがある。しかし、1波長当たり10 GbpsのWDM信号と1波長当たり40 GbpsのWDM信号とでは、受信端での分散トレランスが大きく異なるため、双方を一つのシステムで伝送しようとする場合、最適な分散補償システムを構築する必要がある。

【0003】

通常、波長分割多重されて伝送される光信号は、伝送路である光ファイバ中を伝搬する時に波長分散を被る。波長分散とは、光ファイバの屈折率が波長に依存するために、異なった波長の光の間で伝送速度に差が生じることである。光変調によって、ある帯域幅を有する光信号が、波長分散を有する光ファイバ中を伝搬するときには、パルス波形の広がりを起こし、波形歪みによる伝送品質の劣化などを引き起こし、WDM伝送システムにおける伝送距離を制限する。特にE D F

A (Erbium Doped Fiber Amplifier:エルビウム添加光ファイバ増幅器) や近年研究開発が盛んに行われている D R A (Distributed Raman Amplifier:分布Raman光増幅器) に代表される光増幅器を用いた長距離WDM伝送システムの場合、信号光は送信端局から受信端局まで光のまま伝送されるため、伝送路での波長分散が累積してしまう。特許文献 1 には、前述の波形歪みを抑えるための技術として、累積波長分散を所定値内にする必要を満足するために、適当な間隔で分散補償ファイバ (D C F :Dispersion Compensation Fiber) などの波長分散補償器を伝送路中に任意の間隔で挿入する技術が開示されている。

【 0 0 0 4 】

また、WDM伝送システムにおいては、伝送路の分散スロープの影響により累積波長分散が信号光波長毎に異なってくるという問題がある。そこで、伝送路の波長分散及び分散スロープの両方を補償するスロープ補償型分散補償ファイバをWDM伝送システムに用いる構成が特許文献 1 において提案されている。

【 0 0 0 5 】

図 6 は、伝送路の波長分散及び分散スロープの両方を補償するスロープ補償型分散補償ファイバを用いたWDM伝送システムの従来例を示す図である。

図 6 (a) には、その各光増幅中継器区間毎に伝送路ファイバと、その波長分散及び分散スロープの両方を補償するスロープ補償型分散補償ファイバを用いたWDM伝送システムのブロック図を示す。図 6 (b) には図 6 (a) に示すWDM伝送システムに対する累積波長分散対伝送距離特性を示す。図 6 (a) のWDM伝送システムは、各波長の光送信機 (図中 O S) から出力された光は、光合波器 1 0 により波長多重され、光増幅器 1 1 で光のまま信号増幅された後に伝送路 1 2 へ出力される。WDM信号は伝送路光ファイバ 1 2 の波長分散及び分散スロープの影響を受けながら伝搬するので、図 6 (b) の a 、 c 、 e 、 g 、 ・ ・ ・ 、 z 点に示す、伝送路出力において各波長での累積分散が異なる。光増幅中継ノードにはスロープ補償型分散補償ファイバ 1 4 (図中 D C M) を備えており、該伝送路光ファイバ 1 2 の累積波長分散と分散スロープ共に補償する。そのため、図 6 (b) の b 、 d 、 f 、 h 点に示すように、各光増幅中継ノード毎に各波長の累積分散は 0 となる。スロープ補償型分散補償ファイバ 1 4 としては、波長分散及

び分散スロープの極性が共に伝送路光ファイバと反対の特性を有する光ファイバが用いられる。しかし、光ファイバの有する非線形効果の影響により、伝送後の累積波長分散の目標値は零から僅かに正または負の累積分散値へずれる特性がある。

【0006】

更に、本従来例において長距離伝送を考えた場合、各光増幅中継区間毎の累積波長分散が零となり、各光増幅中継器出力毎に各波長の伝送パルスの位相が再現するため、光ファイバの非線形効果の一つである相互位相変調（XPM: Cross Phase Modulation）の影響により波形歪みを発生し、WDM信号の伝送距離を制限する。

【0007】

すなわち、各光増幅中継ノードにおいて、伝送路において光信号に与えられた波長分散値を完全に補償して、0にすると、各波長の光信号の相互のタイミングが光送信器OSから送られてきたタイミングと同じになる。従って、光信号の論理「1」に対応する光パルス部分が他の波長の光信号の論理「1」の光パルス部分と一致する可能性が高くなる。相互位相変調は、異なる波長の光の強度によって、ファイバ中の屈折率が変化し、他の波長の光信号が位相変調され、光ファイバの波長分散と相まって、波形が歪むというものである。従って、異なる波長の光信号の光パルスのタイミングが一致すると、同じタイミングで、強度の強い光パルスが併走することになってしまう。従って、相互位相変調による一方の波長の光パルスからの影響が他方の波長の光パルスへと及びやすくなってしまい、光波形の劣化が起こりやすい。これに対して、波長分散が僅かに残っていると、一方の波長の光信号の光パルスのタイミングと他方の波長の光信号の光パルスのタイミングが伝搬遅延差により、僅かにずれるので、相互位相変調の影響が一方の波長の光信号から、他方の波長の光信号に及ぶ度合いを小さくすることが出来る。ただし、以上の効果は、1波長当たりのビットレートが10Gbpsの信号について言えるのみであり、1波長当たりのビットレートが40Gbpsの信号については、受信端での分散トレランスが非常に小さいため、最終的には、残留分散の値を0にしてからでなければ、正しい信号受信は行えない。

【0008】

上記の課題に対して、長距離伝送を考えた場合、光ファイバの波長分散と非線形効果をバランスさせるために、システム全体の平均的な波長分散値を零ではない小さな値とするような分散補償方式が特許文献2において提案されてる。

【0009】

図7は、異なる2つの周期で累積波長分散を補償し、かつ、システム全体の平均的な波長分散値が零ではない分散補償方式の従来例を示す図である。

図7(a)には、その各光増幅中継器区間毎に伝送路ファイバと、その波長分散と分散スロープとを共に補償するスロープ補償型分散補償ファイバを用いたWDM伝送システムのブロック図を示す。図7(b)には、図7(a)に示すWDM伝送システムに対する累積波長分散対伝送距離特性を示す。

【0010】

図7(a)のWDM伝送システムは、各波長の光送信器(図中OS)から出力された光は、光合波器10により波長多重され、光増幅器11で光のまま信号増幅された後に伝送路12へ出力される。WDM信号は光ファイバと、スロープ補償型分散補償器と光増幅器から構成される光増幅中継器が接続された伝送路を伝搬した後に、受信端局において、光分波器13により波長分波され、各波長の光受信器(図中OR)で受信されるシステム構成となる。

【0011】

本システムでは、各光増幅中継器区間での伝送路光ファイバとスロープ補償型分散補償ファイバからなる第一の分散補償区間と、複数の第一の分散補償区間からなる第二の分散補償区間の異なる2つの分散補償区間を持つ。また、第一の分散補償区間に対する波長分散補償目標(これを第一の分散補償目標とする)と第二の分散補償区間に対する波長分散補償目標(これを第二の分散補償目標とする)をそれぞれ設定し、かつ、第一の分散補償目標よりも、第二の分散補償目標を小さな値とする。

【0012】

図7(b)に示す、区間0-b、b-d、d-f、...で示した光増幅中継器間が第一の分散補償区間であり、この分散補償区間においては、各分散補償区

間の出口での残留分散値が傾き D_{local} に伝送距離 L を乗じた残留分散値 $D_{\text{local}} \times L$ となるように分散補償を行う。また、区間 0-1 で示した範囲が第二の分散補償区間であり、この分散補償区間においては、当該分散補償区間の出口において残留分散値が傾き D_{average} に伝送距離 L を乗じた残留分散値 $D_{\text{average}} \times L$ となるように分散補償を行う。また、1000 km を超えるような長距離伝送の場合には、前述の通り、光ファイバの非線形効果が少なからず光信号に影響を与えるので、光信号に対する波長分散の影響と非線形効果の影響をバランスさせるためにも、システム全体の平均波長分散値 D_{average} を零でない小さい値とすることが、光伝送特性上有利であることが分かってる。そこで、 D_{local} 及び D_{average} は正の値を取る。

【0013】

このような構成とすることで、光増幅中継器間での波長分散値を大きくしつつ、伝送システム全体としての波長分散値を小さくすることが出来る。従って、光増幅器出力で各波長間のパルス位相がそろわないために（前述したとおり、残留分散の存在により、光パルスの伝搬するタイミングが異なる波長間でずれるために）、光ファイバの非線形効果である XPM の影響による伝送特性劣化を抑圧でき、伝送特性の改善につながる。

【0014】

更に、各光増幅中継器区間においては、発生した波長分散補償誤差を第二の波長分散区間において補償することが可能となり、分散管理が容易になる。

【0015】

【特許文献1】

特開平 6-11620 号公報。

【特許文献2】

特開 2000-261377 号公報

【0016】

【発明が解決しようとする課題】

図 7 に示す従来例では、伝送用光ファイバとして $1.3 \mu\text{m}$ 帯に零分散波長を有する単一モード光ファイバ (SMF: Single Mode Fiber) を用いている。

SMFは光信号伝送波長帯域である波長 $1.550\mu\text{m}$ 近傍において波長分散値が $+17\text{ps}/\text{nm}/\text{km}$ であり、光増幅中継器区間の伝送路長が 100km となる場合、1中継器区間でのSMFの累積波長分散は $+1700\text{ps}/\text{nm}/\text{km}$ になる。第一の分散補償区間において、このほとんどが補償されるが、図7(b)に示す $D_{\text{local}} \times L$ 分の波長分散が累積する。例えば、 $L=500\text{km}$ 、 $D_{\text{local}}=+1\text{ps}/\text{nm}/\text{km}$ であった場合、 $D_{\text{local}} \times L=+500\text{ps}/\text{nm}$ となり、この 500km に続くSMF 100km 伝送後の残留分散は $+2200\text{ps}/\text{nm}$ になる。このような大きな波長分散と光ファイバの非線形効果の一つである自己位相変調(SPM: Self Phase Modulation)によって伝送波形が大きく歪み、伝送距離が制限される。すなわち、自己位相変調によって光信号のスペクトルが広がるが、ここに、波長分散の影響があると、光信号は、スペクトルの広い範囲に渡って波長分散の影響を受けることになる。従って、伝送路において光信号に与えられる波長分散の影響は小さく抑えることが望まれる。

【0017】

この問題は、光伝送システムのコストを低くするために、光増幅中継器間隔を 80km 以上に広く取り、且つ、北米大陸の東海岸と西海岸を結ぶようなシステムにおいてより顕著である。

【0018】

本発明の課題は、異なるビットレートの光信号を取り込みながら、最適に波長分散を補償するシステムを提供することである。

【0019】

【課題を解決するための手段】

本発明の波長分散補償システムは、光信号を波長多重して伝送路に出力する光送信端局と、該伝送路中に配置された複数の第1光中継ノードと、該伝送路中に配置された該複数の第1の中継ノード間に配置された少なくとも1つの第2の光中継ノードと、該第1光中継ノードは該光送信端局または隣接する該第1光中継ノードまたは隣接する該第2光中継ノードとの間で発生する分散の値よりも大きな分散補償を行い、該第2光中継ノードは該光送信端局から該第2光中継ノードとの間または前段の該第2光中継ノードとの間で発生する伝送路の分散の値から

該光送信端局から該第2光中継ノードとの間または前段の該第2光中継ノードとの間の該第1中継器で補償した分散値を引いた値に対して、残留分散が発生するように分散補償を行うことを特徴とする。

【0020】

本発明によれば、距離の短い第1光中継ノード間などにおいて、残留分散を余分に分散補償し、距離の長い、複数の第1光中継ノードを含む、光送信端局と第2光中継ノードあるいは、第2光中継ノード間において、残留分散が伝送距離に見合った値となるように、少な目に残留分散を残して分散補償するので、伝送路において波長分割多重光信号が受ける波長分散の最大値を小さくし、かつ、第2中継ノードなどにおいて、少な目に残留分散を残して分散補償することによって、光パルスの位相がそろうことを避けている。

【0021】

以上により、波長分散と非線形効果との協同による波形劣化を抑え、長距離伝送を可能としている。

【0022】

【発明の実施の形態】

本発明の実施形態では、伝送距離に対する第一の分散補償区間の分散補償目標を負の累積波長分散とする分散補償手段を有し、かつ、伝送距離に対する第二の分散補償区間の分散補償目標を正の累積波長分散とする分散補償手段を有する波長分散補償手段を提供する。これにより、WDM伝送システムにおける累積波長分散の増大を抑えることにより、長距離にわたり良好な伝送特性を実現する。

【0023】

図1は、本発明の実施形態による波長分散補償システムによる、累積波長分散対伝送距離特性を示す図である。

正の波長分散を有する光伝送路と、該光伝送路の波長分散及び分散スロープを共に補償するスロープ補償型分散補償器から構成される第一の分散補償区間においては、伝送距離に対して累積波長分散が負となるように分散補償目標を設定する。図中では、傾き D_{local} に伝送距離 L を乗じた $D_{\text{local}} \times L$ となる。ここで、 $D_{\text{local}} < 0$ である。そして、複数の第一の分散補償区間を含む、第二の分散補

償区間においては、伝送距離に対して累積波長分散が正となるように分散補償目標を設定する。図中では傾き D_{average} に伝送距離 L を乗じた $D_{\text{average}} \times L$ となる。ここで $D_{\text{average}} > 0$ である。このような波長分散補償手段により、伝送システム全体にわたり累積する最大の波長分散の値を低い値に設定することが可能となる。伝送路の波長分散を波長 $1.55 \mu\text{m}$ において $D_L = +17 \text{ ps/nm/km}$ 、1 区間当たりの伝送路長を 100 km 、第二の分散補償区間を 600 km 毎とした場合を例として、図 2 に示すように、従来例（図 2（a））と本発明の実施形態（図 2（b））による波長分散補償手段による累積分散値を比較する。

【0024】

従来例において第一の分散補償区間における第一の分散補償目標値を $D_{\text{local}} = 17 \text{ ps/nm/km}$ とし、本発明の実施形態においては逆の極性となる $D_{\text{local}} = -17 \text{ ps/nm/km}$ とする。また、第二の分散補償目標値は双方共に $D_{\text{average}} = 0.28 \text{ ps/nm/km}$ とする。伝送システムの全長を 3000 km とした場合の従来例による累積波長分散を図 2（a）に、本発明の実施形態による累積波長分散を図 2（b）にそれぞれ示す。これらの結果より、従来例の場合には、累積波長分散の最大値は $+3230 \text{ ps/nm}$ となるのに対して、本発明の実施形態による場合には $+2380 \text{ ps/nm}$ と累積する波長分散が減少している。これにより、SPMと波長分散の相互作用を抑え、送信波形歪みを抑圧できる。また、双方で用いる分散補償器のトータルの分散補償量は共に -50150 ps/nm となるため、ファイバ型の波長分散補償器を用いた場合であっても、分散補償器で発生する非線形効果はほぼ同等であり、また、分散補償ファイバの長さも同じなのでコストも同等となる。

【0025】

図 3 は、本発明による波長分散補償方式を用いた WDM 伝送システムの一例を示す図である。

図 3 に示す WDM 伝送システムでは、各波長の光送信器（図中 OS）から出力された光は、光合波器 10 により波長多重され、光増幅器 11 で光のまま信号増幅された後に伝送路 12 へ入力される。WDM 信号は光ファイバと、スローブ補

償型分散補償器と光増幅器から構成される光増幅中継器（光増幅中継ノード）20、及び、伝送するに従って累積する伝送システムの利得偏差や波長分散補償スロープ補償誤差などを補償するためのノード（以下、このようなノードを補償ノードと呼ぶ：CN: Compensation Node）21、WDM信号から任意の波長の光信号を分岐／挿入する光分岐／挿入ノード（OADM: Optical Add Drop Multiplexer）21、任意波長毎に光の方路を切り替えるハブノード（HUB）21から構成される伝送路を伝搬した後に、受信端局において受信される。受信端局では光分波器により波長分波され、各波長の光受信器（OR（不図示））で受信されるシステム構成となる。本システムでは、光送信端局と該端局装置に隣接する光増幅中継ノード間、隣接する光増幅中継ノード間、光増幅中継ノードと隣接するCN/OADM/HUBノード間、及び、光増幅中継ノードと該中継ノードに隣接する光受信端局装置間を第一の分散補償区間とする。また、光送信端局とCN/OADM/HUBノード間、隣接する2組のCN/OADM/HUBノード間、CN/OADM/HUBノードと光受信端局間を第二の分散補償区間とする。このような分散補償方法を用いることで、OADM/HUBノードにおいて光分岐／挿入を行う場合でも、第二の分散補償目標が伝送路の波長分散と非線形効果をうまくバランスさせるような累積波長分散となるように設定されているので、OADM/HUBノードにおいて個別波長毎の波長分散補償器を必要としない構成となり、ノード構成を簡易にし、かつ、伝送システム全体を低コスト化できる。

【0026】

図3の下の伝送距離対累積波長分散の図では、第一の分散補償区間においては、伝送路光ファイバ12を伝送後の光信号の波長分散の補償量は、 $D_{\text{local}} \times$ （伝送距離）となる。この場合、累積波長分散が0とはならないので、波長 $\lambda_1 \sim \lambda_N$ が受ける累積波長分散は波長毎に異なるものとなる。しかし、光送信端局22からCN/OADM/HUBノード21までWDM信号を伝送後は、残留分散が $D_{\text{average}} \times$ （伝送距離）となるように分散補償を行う。従って、OADMノードあるいはHUBノード21において、WDM信号から特定の波長の光信号をドロップする場合には、光送信端局22からOADMノードあるいはHUBノード

ド 21 までの伝送で、最適な累積残留分散に補償されているので、ドロップされた光信号は、ドロップされた後の伝送においても、図 3 の下に示す図と同様な方法で連続的に分散補償を継続可能である。従って、ドロップ後、分散補償量を調整するための余分な分散補償器を設ける必要がない。

【0027】

図 4 は、本発明の実施形態による WDM 伝送ネットワークの一例を示す図である。

同図のネットワークシステムは、本発明の実施形態の分散補償方法がどのように適用されるかを説明するための一構成例である。送信端局 22-1 から送信された WDM 信号は、送信端局 22-1 と光増幅中継器 20 の間に挟まれる、光ファイバ 12 からなる伝送区間、光増幅中継器 20 間の伝送区間、光増幅中継器 20 と HUB ノード 21 間の伝送区間の 4 スパンからなる。これらの区間は、本発明の実施形態に従えば第一の分散補償区間となる。従って、伝送区間での分散補償は、残留分散が負の所定の値 D_{local} に送信端局 22-1 からの伝送距離をかけた値に設定される。ただし、光増幅中継器 20 と HUB ノード 21 の間における分散補償量は、残留分散が送信端局 22-1 から HUB ノード 21 までの伝送距離と正の所定値 $D_{average}$ の積となるように設定される。これは、送信端局 22-1 ~ HUB ノード 21 の間が第二の分散補償区間となるからである。

【0028】

同様に、送信端局 22-2 及び送信端局 22-3 から出力される WDM 信号も、各スパンでは、本発明の実施形態に従い、第一の分散補償区間として、残留分散が、スパンの距離 \times 負の所定値 D_{local} となるように分散補償を行うが、HUB ノード 21 と送信端局 22-2 間、HUB ノード 21 と送信端局 22-3 間は、本発明の実施形態に従い、第二の分散補償区間となるので、HUB ノード 21 では、残留分散が送信端局 22-2、22-3 それぞれから HUB ノード 21 までの伝送距離 \times 正の所定値 $D_{average}$ となるように、分散補償が行われる。

【0029】

HUB ノード 21 から受信端局 23 までの分散補償も同様であって、各スパンは、第一の分散補償区間と設定されるので、各スパンで残留分散がスパンの距離



×負の所定値 D_{local} となるように分散補償が行われるが、HUBノード21と受信端局23の間の区間、及びHUBノード21とOADMノード24との間の区間は、本発明の第二の分散補償区間とされるので、受信端局23、あるいは、OADMノード24において、HUBノード21における残留分散+HUBノード21と受信端局23あるいはOADMノード24間の距離×正の所定値 D_{average} が残留分散となるように分散補償が行われる。

【0030】

図5は、本発明による波長分散補償方式を用いたWDM伝送システムにおける光信号の伝送形態の一例を示す図である。

図5に示すシステムでは、1波長当たりの信号伝送速度が、10Gbps（例えばSONETのOC-192やSDHのSTM-64）の光信号と1波長当たりの信号伝送速度が40Gbps（例えばSONETのOC-768）の光信号を一つの伝送システムで混載して光信号を伝送するWDM伝送システムである。光ファイバの波長分散の影響は1波長当たりの信号伝送速度が高くなればなるほど大きくなり、受信端における累積波長分散を零に近い小さい値にする必要がある。図3に示すような本発明の実施形態による波長分散補償システムを用いたWDM伝送システムでは、第一の波長分散補償区間における累積波長分散は大きな値となるが、第二の波長分散補償区間においては累積波長分散が小さな値となる。従って、隣接する光送信端局とOADMノード間、隣接するOADMノード間、OADMノードと光受信端局間で構成する第二の波長分散補償区間において1波長当たりの伝送速度が40Gbpsである光信号を伝送することが可能である。1波長当たりの40Gbpsの伝送速度を有する光信号に対して、各光増幅中継器区間において累積波長分散が負の波長分散値となるように設定することにより伝送品質を高くすることができるとが既に知られている。本発明の実施形態による波長分散補償システムは、第一の波長分散補償区間においては累積波長分散が負となるようにするため、40Gbpsの光信号を伝送に適していると言える。図5では、パスA～Fにおいて1波長当たり10GbpsのWDM信号を伝送し、パスG～Hにおいて1波長当たり40GbpsのWDM信号を伝送する例を示している。

【 0 0 3 1 】

(付記 1) 光信号を波長多重して伝送路に出力する光送信端局と、
該伝送路中に配置された複数の第 1 光中継ノードと、
該伝送路中に配置された該複数の第 1 の中継ノード間に配置された少なくとも
1 つの第 2 の光中継ノードと、

該第 1 光中継ノードは該光送信端局または隣接する該第 1 光中継ノードまたは
隣接する該第 2 光中継ノードとの間で発生する分散の値よりも大きな分散補償を
行い、

該第 2 光中継ノードは該光送信端局から該第 2 光中継ノードとの間または前段
の該第 2 光中継ノードとの間で発生する伝送路の分散の値から該光送信端局から
該第 2 光中継ノードとの間または前段の該第 2 光中継ノードとの間の該第 1 中継
器で補償した分散値を引いた値に対して、残留分散が発生するように分散補償を
行うことを特徴とする波長分散補償システム。

【 0 0 3 2 】

(付記 2) 前記第 2 光中継ノードは、光信号の分岐・挿入を行うノードであ
ることを特徴とする付記 1 に記載の波長分散補償システム。

(付記 3) 前記第 2 光中継ノードは、波長分割多重光信号がシステムを伝搬
するに従い累積する利得偏差や波長分散スロープの補償誤差を補償する補償ノ
ードであることを特徴とする付記 1 に記載の波長分散補償システム。

【 0 0 3 3 】

(付記 4) 前記第 2 中継ノードは、任意は長毎に光信号の方路を切り替える
ノードであることを特徴とする付記 1 に記載の波長分散補償システム。

(付記 5) 前記システムは、1 波長毎のビットレートが 1 0 G b p s の光信
号と、1 波長毎のビットレートが 4 0 G b p s の光信号の両方を伝送することを
特徴とする付記 1 に記載の波長分散補償システム。

【 0 0 3 4 】

(付記 6) 1 波長毎のビットレートが 4 0 G b p s の前記光信号は、光送信
端局と特定ノード間、特定ノード間、あるいは、特定ノードと光受信端局間の伝
送にのみ使用されることを特徴とする付記 5 に記載の波長分散補償システム。

【0035】

(付記7) 光信号を波長多重して伝送路に出力する光送信端局と、
該伝送路中に配置された複数の第1光中継ノードと、
該伝送路中に配置された該複数の第1の中継ノード間に配置された少なくとも
1つの第2の光中継ノードとを備え、

該第1光中継ノードは該光送信端局または隣接する該第1光中継ノードまたは
隣接する該第2光中継ノードとの間で発生する分散の値よりも大きな分散補償を
行うステップと、

該第2光中継ノードは該光送信端局から該第2光中継ノードとの間または前段
の該第2光中継ノードとの間で発生する伝送路の分散の値から該光送信端局から
該第2光中継ノードとの間または前段の該第2光中継ノードとの間の該第1中継
器で補償した分散値を引いた値に対して、残留分散が発生するように分散補償を
行うステップと、

からなることを特徴とする波長分散補償方法。

【0036】

(付記8) 前記第2光中継ノードは、光信号の分岐・挿入を行うノードであ
ることを特徴とする付記7に記載の波長分散補償方法。

(付記9) 前記第2光中継ノードは、波長分割多重光信号がシステムを伝搬
するに従い累積する利得偏差や波長分散スロープの補償誤差を補償する補償ノ
ードであることを特徴とする付記7に記載の波長分散補償方法。

【0037】

(付記10) 前記第2光中継ノードは、任意は長毎に光信号の方路を切り替
えるノードであることを特徴とする付記7に記載の波長分散補償方法。

(付記11) 前記システムは、1波長毎のビットレートが10Gbpsの光
信号と、1波長毎のビットレートが40Gbpsの光信号の両方を伝送すること
を特徴とする付記7に記載の波長分散補償方法。

【0038】

(付記12) 1波長毎のビットレートが40Gbpsの前記光信号は、光送
信端局と特定ノード間、特定ノード間、あるいは、特定ノードと光受信端局間の

伝送にのみ使用されることを特徴とする付記 1 1 に記載の波長分散補償方法。

【0 0 3 9】

【発明の効果】

以上の説明より、本発明によれば長距離光伝送システムにおいて良好な伝送特性を実現できる。更に、光分岐挿入を行う機能を有する。OADMやHUBノードを含むWDM伝送システムや1波長当たりの信号速度が10Gbpsと40Gbpsの光信号を混在したWDM伝送システムを実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の実施形態による波長分散補償システムによる、累積波長分散対伝送距離特性を示す図である。

【図 2】

伝送システムの全長を3000kmとした場合の従来例による累積波長分散及び、本発明の実施形態による累積波長分散をそれぞれ示す図である。

【図 3】

本発明による波長分散補償方式を用いたWDM伝送システムの一例を示す図である。

【図 4】

本発明の実施形態によるWDM伝送ネットワークの一例を示す図である。

【図 5】

本発明による波長分散補償方式を用いたWDM伝送システムにおける光信号の伝送形態の一例を示す図である。

【図 6】

伝送路の波長分散及び分散スロープの両方を補償するスロープ補償型分散補償ファイバを用いたWDM伝送システムの従来例を示す図である。

【図 7】

異なる2つの周期で累積波長分散を補償し、かつ、システム全体の波長分散値が零ではない分散補償方式の従来例を示す図である。

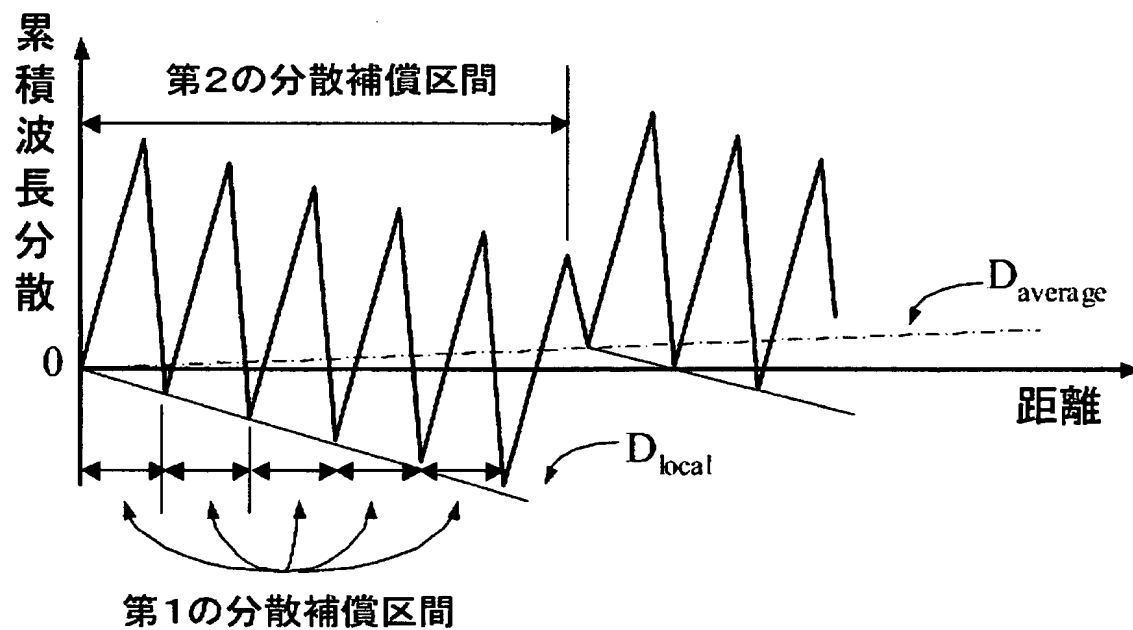
【符号の説明】

- 1 0 光合波器
- 1 1 光増幅器
- 1 2 伝送路光ファイバ
- 1 4 分散補償ファイバ (波長分散補償部)
- 2 0 光増幅中継ノード
- 2 1 CN/OADM/HUBノード
- 2 2、2 2 - 1 ~ 2 2 - 3 光送信端局
- 2 3 受信端局
- 2 4 OADMノード

【書類名】 図面

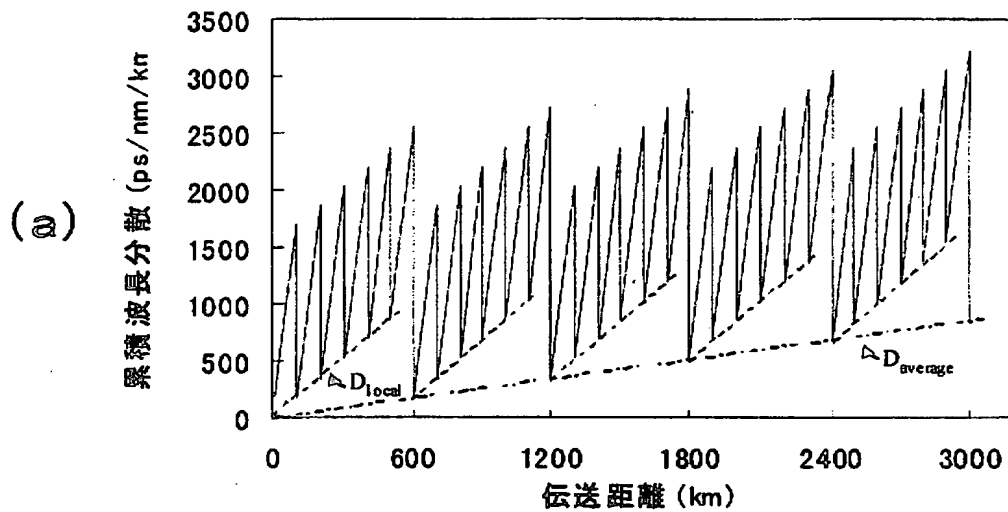
【図 1】

本発明の実施形態による波長分散補償システム
による累積波長分散対伝送距離特性を示す図

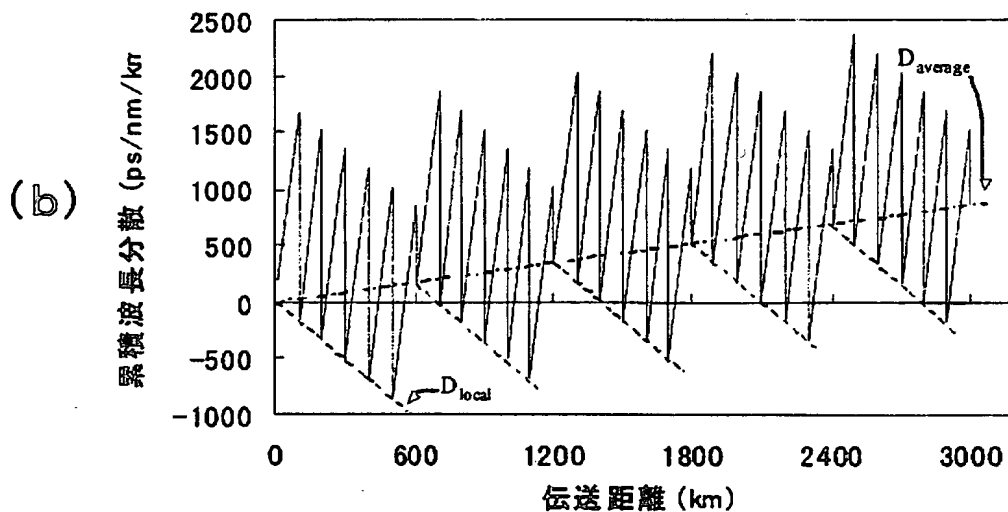


【図 2】

伝送システムの全長を3000km
とした場合の従来例による累積波長分散及び、
本発明の実施形態による累積波長分散をそれぞれ示す図



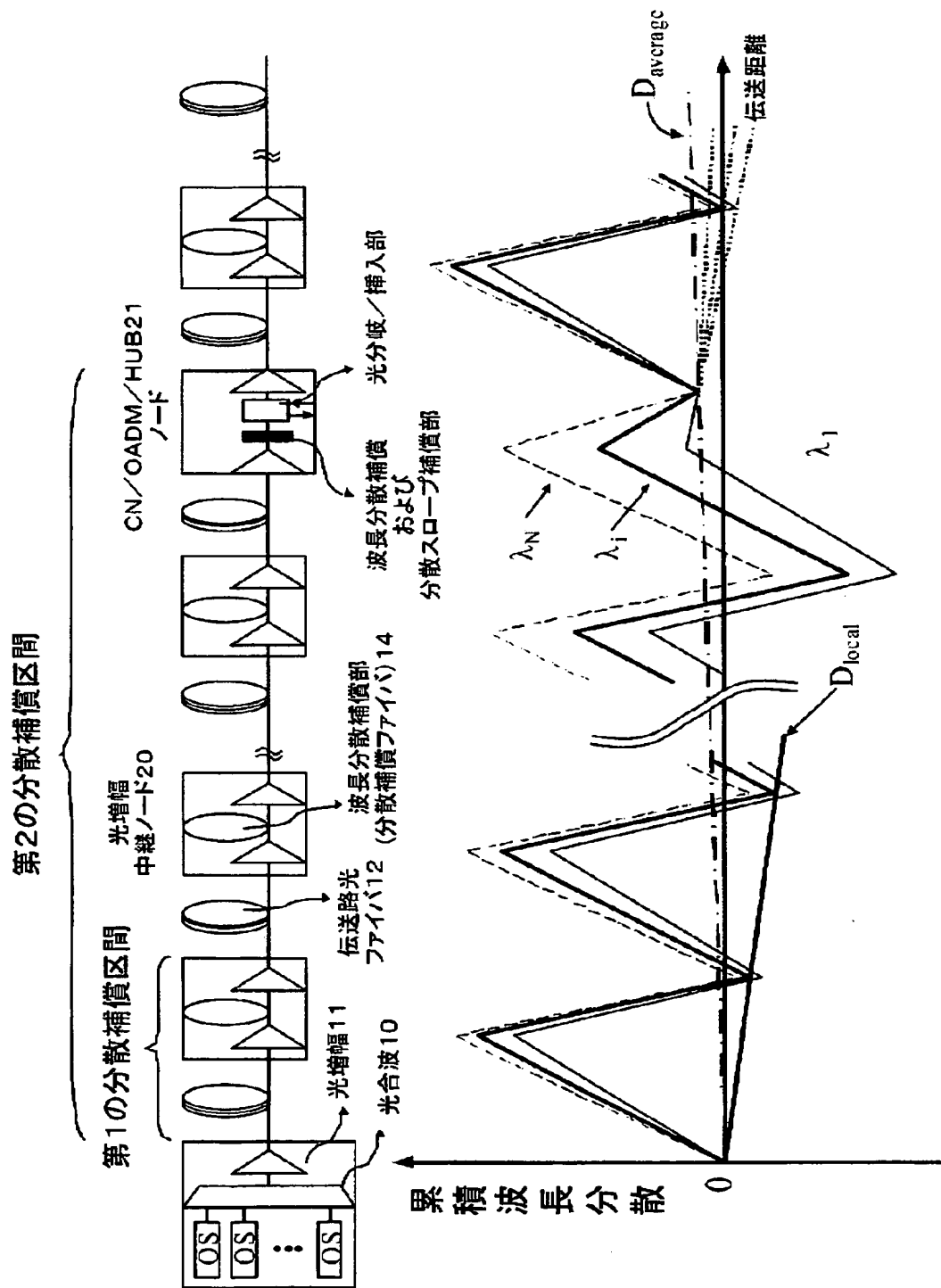
(a) 従来例における累積波長分散



(b) 本発明における累積波長分散

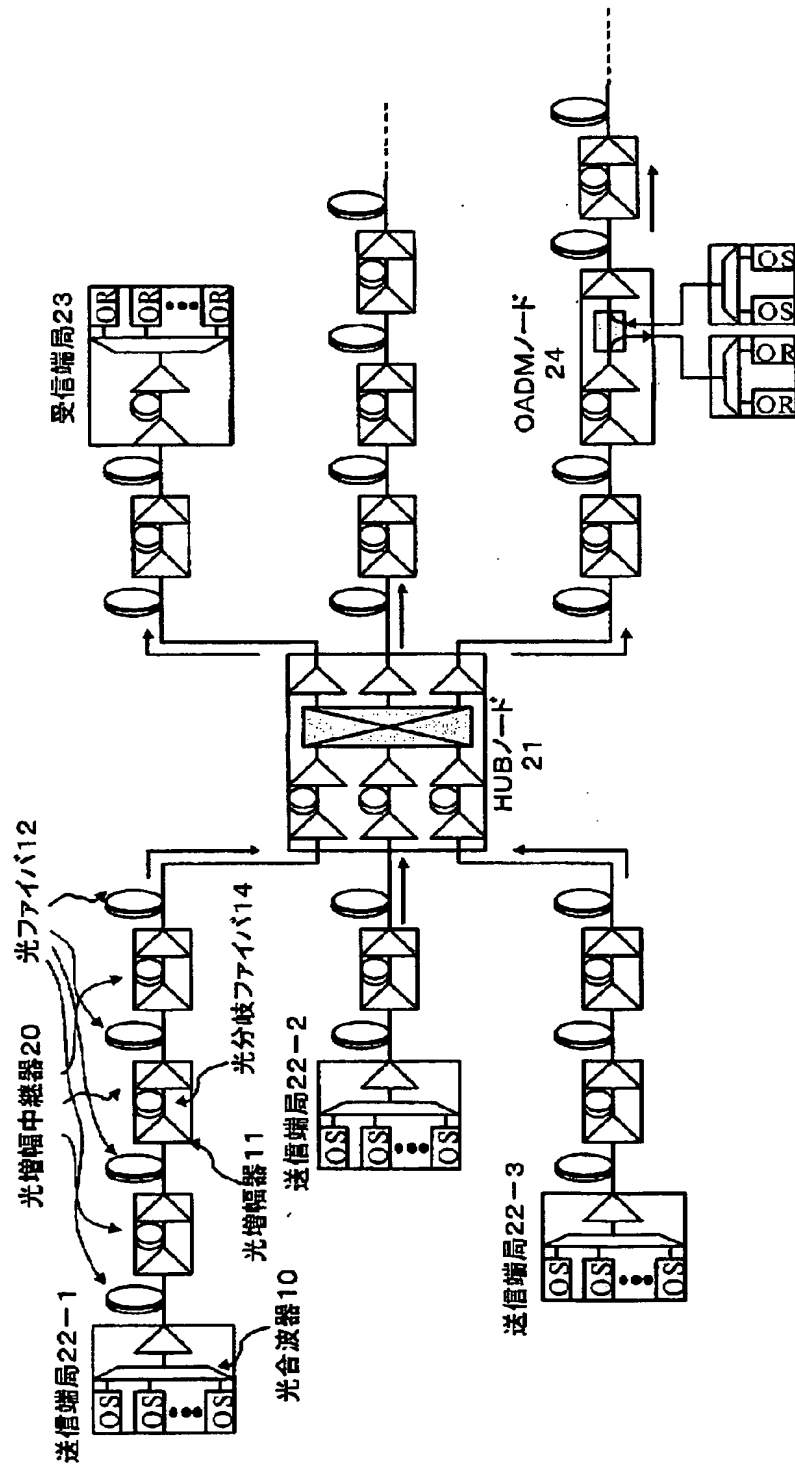
【図3】

本発明による波長分散補償方式を用いた
WDM伝送システムの一例を示す図



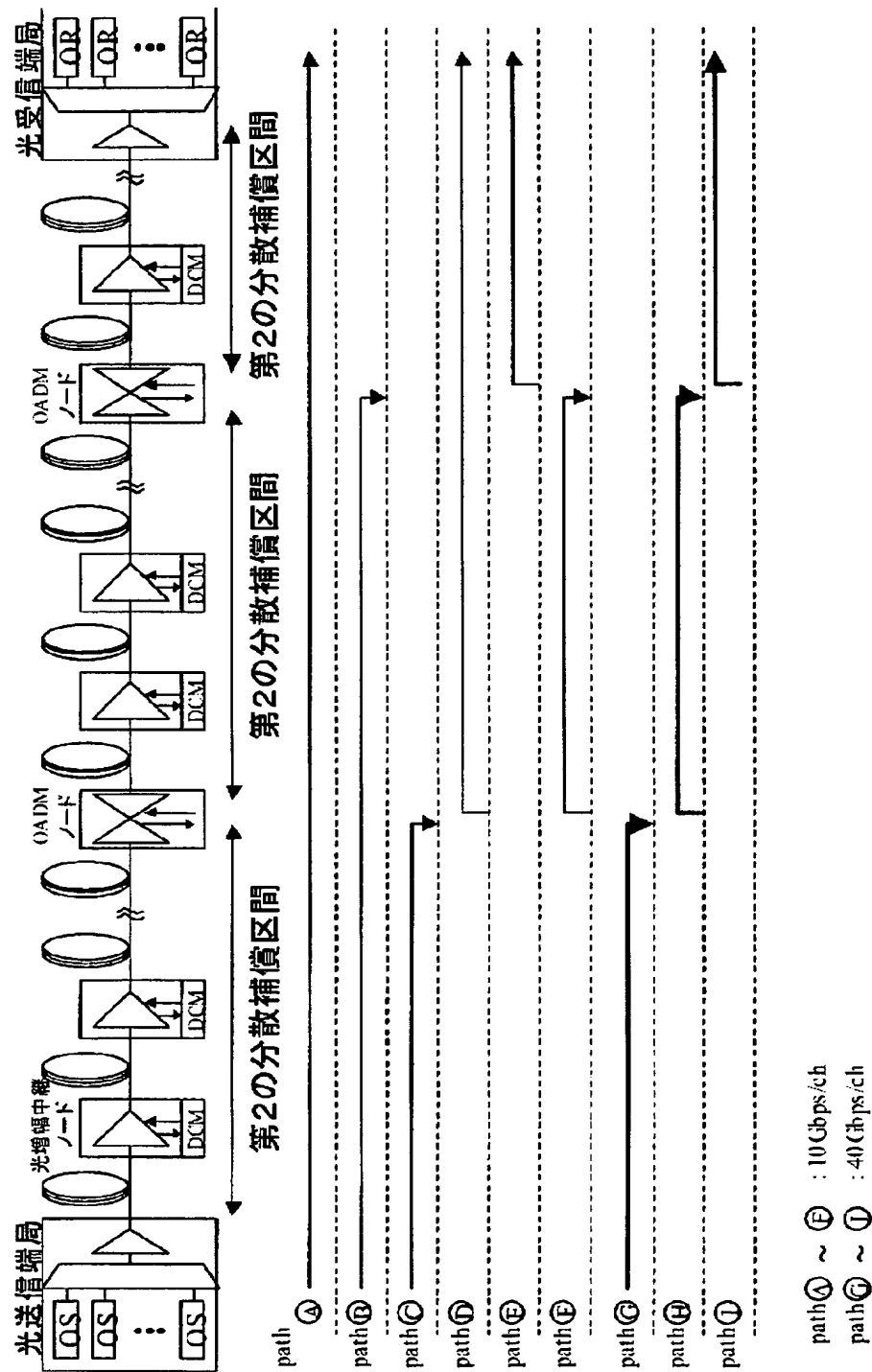
【図 4】

本発明の実施形態による
WDM伝送ネットワークの一例を示す図



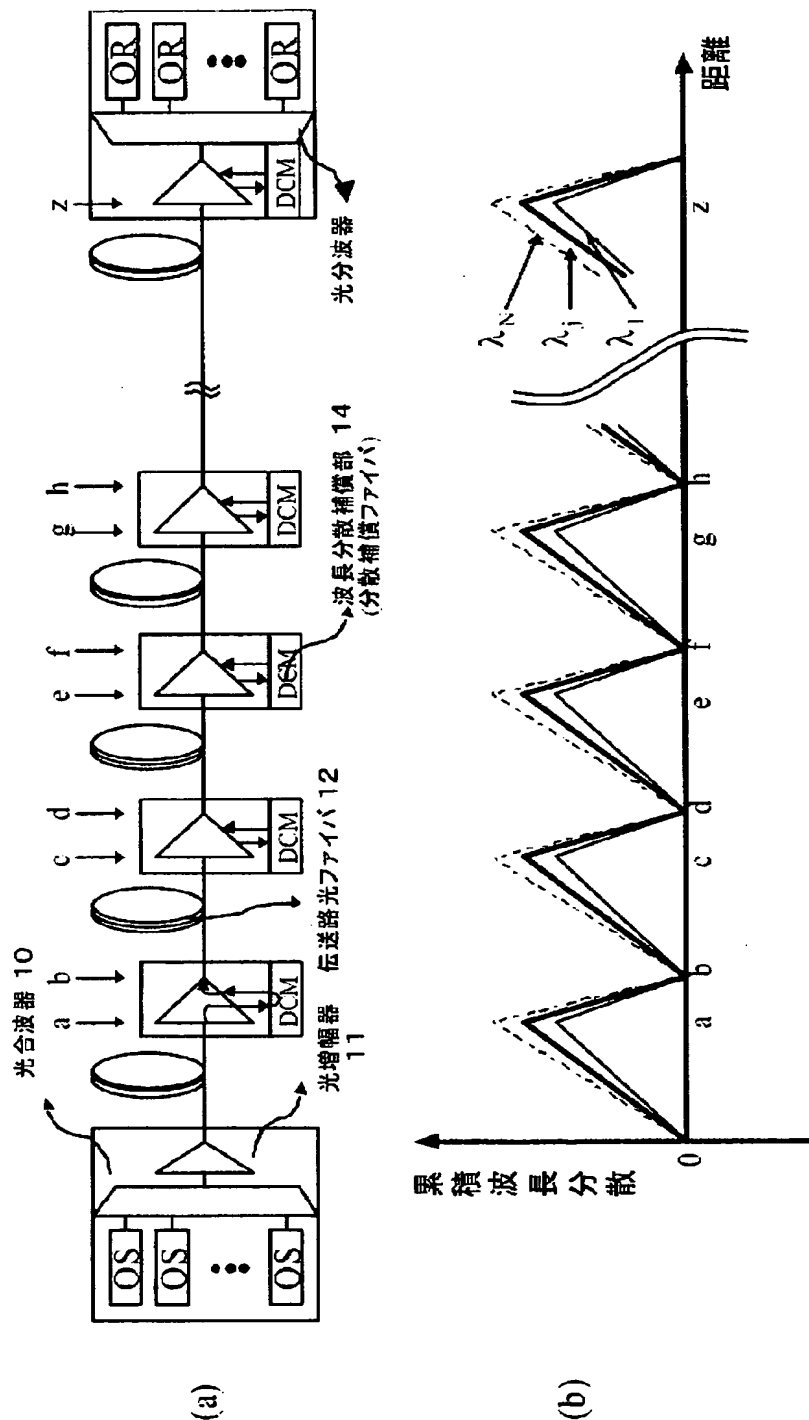
【図 5】

本発明による波長分散補償方式を用いた
WDM伝送システムにおける光信号の伝送形態の一例を示す図



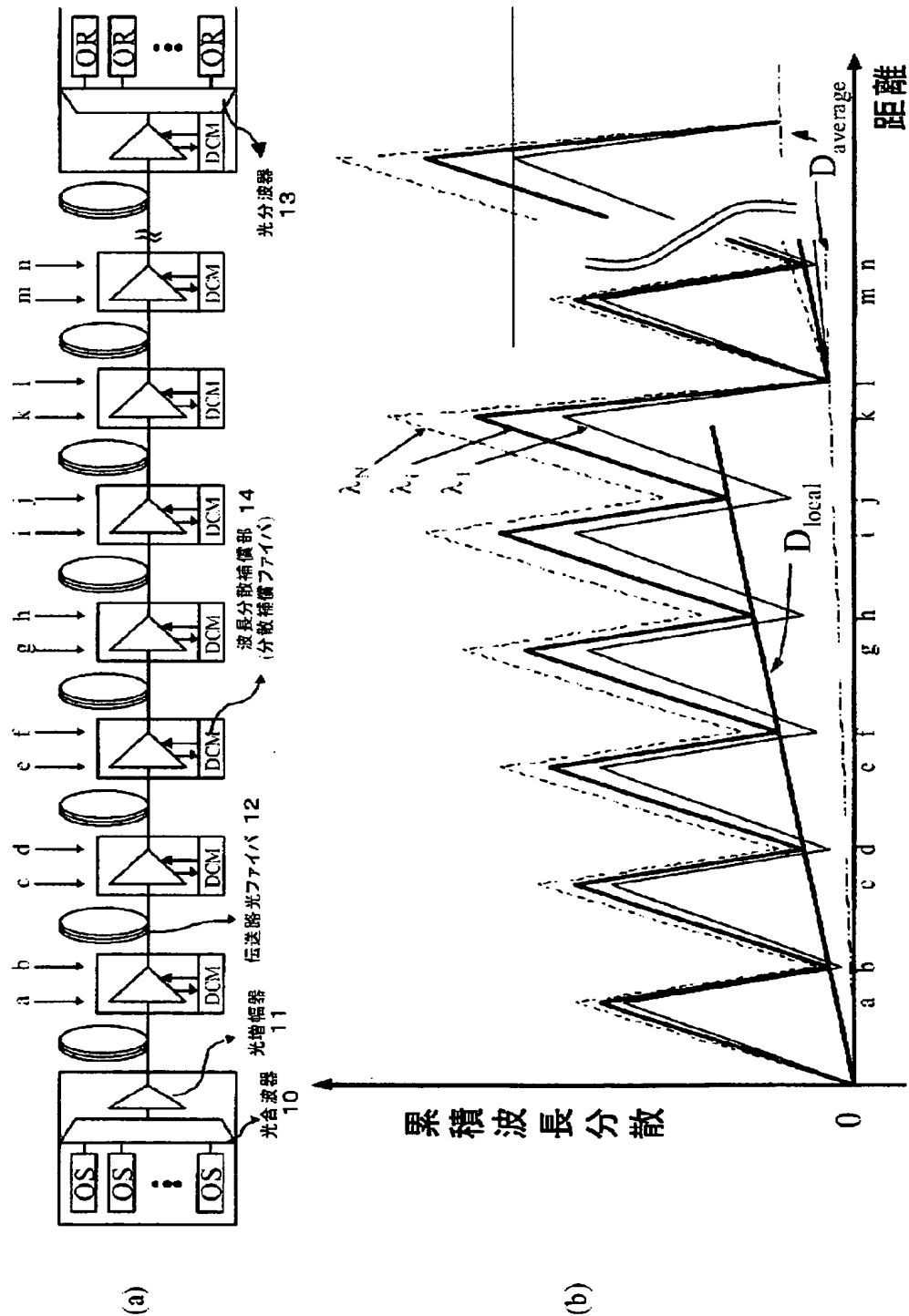
【図 6】

伝送路の波長分散及び分散スロープの両方を補償するスロープ補償型分散補償ファイバを用いたWDM伝送システムの従来例を示す図



【図 7】

異なる2つの周期で累積波長分散を補償し、かつ、システム全体の波長分散値が零ではない分散補償方式の従来例を示す図



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】異なるビットレートの光信号を取り込みながら、最適に波長分散を補償するシステムを提供する。

【解決手段】光送信端局と光中継ノード間、光中継ノード間、光中継ノードと受信端局間、光中継ノードとCN/OADM/HUBノード間を第一の分散補償区間とし、光送信端局とCN/OADM/HUBノード間、CN/OADM/HUBノード間、CN/OADM/HUBノードと受信端局間を第二の分散補償区間とし、第一の分散補償区間では、残留分散が所定の負の値になるように分散補償し、第二の分散補償区間では、残留分散が正の値にあるように分散補償する。

【選択図】 図1

特願 2003-065604

出願人履歴情報

識別番号

[000005223]

1. 変更年月日

1996年 3月26日

[変更理由]

住所変更

住 所

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号

氏 名

富士通株式会社